

-40

La crisis del Modulor, desde el Modulor

Rafael de Cáceres. Este escrito trata de un pasaje concreto de la historia de la arquitectura: el de la crisis del Modulor a causa de su incapacidad para generalizar la medida de 226 cm (el hombre con el brazo levantado) como altura mínima de las viviendas, y de cómo podría haberse superado esta crisis si Le Corbusier hubiese añadido la serie $\sqrt{5}$ en la definición del mismo.

El tratar este tema, después de casi sesenta años, puede parecer anacrónico. Pero si retrocedemos en el tiempo comprobaremos que el Movimiento Moderno ha sido el último sistema teórico completo. Su contestación se ha basado más en alternativas formales que en la sustitución de sus principios. Con la liberación formal, que hoy ha convertido al mismo Movimiento Moderno en una opción estilística más, se ha ganado en libertad creadora pero también en orfandad teórica.

Con frecuencia, cada nueva publicación de las novedades arquitectónicas es un nuevo velo que oscurece el patrimonio de quienes pensaron que la arquitectura no era un ejercicio de arbitrariedad. Con este escrito pretendemos prestar un poco de atención al legado de los que ayer apostaron por una arquitectura comprometida con las personas y en consonancia con el orden que nos rodea, sea éste el de la naturaleza, el de la racionalidad de la máquina o el de las necesidades sociales. Baste con apuntarlo.

La primera parte de estas reflexiones la dedicaremos al Modulor, tratando de explicar el sentido que la medida tenía en el pensamiento teórico de Le Corbusier, presentando la crisis que se desencadenó por la negativa de las autoridades responsables de la política de vivienda en diferentes países, al rechazar éstas la altura mínima definida en el Modulor. En la se-

gunda parte intentaremos dar salida a esta crisis, finalizando con algunas consideraciones generales. Este escrito se complementa con un anexo en el que se justifican matemática y gráficamente algunos de los razonamientos expuestos.

PRIMERA PARTE

Es conocido que Le Corbusier fue, entre los pioneros del Movimiento Moderno, quien insistió con mayor firmeza en la ruptura con el pasado, no únicamente a partir de una actitud de rebeldía estilística, sino a partir de la necesidad de construir un nuevo orden teórico que sustituyese al existente¹.

Le Corbusier advierte, sin embargo, que la mera aplicación del orden y el sistema de reglas no resuelven por sí mismo los problemas del proyecto arquitectónico. De ahí la insistencia continuada en sus escritos sobre el carácter meramente instrumental del Modulor, las normas y los trazados reguladores². Para Le Corbusier, el conocimiento de estos instrumentos es un antídoto frente a lo arbitrario, coincidiendo así con el legado de tratadistas como Vitrubio, Alberti y Mollet-le-Duc³.

La medida y, en particular, su relación antropológica con la arquitectura han sido una cuestión recurrente en gran parte de los tratados de arquitectura. También para Le Corbusier, la referencia antropológica del Modulor es el vehículo para volver a introducir la arquitectura dentro del orden de la naturaleza. Para Le Corbusier, las medidas en arquitectura se encuentran escritas en el cuerpo humano⁴. Pensamos que, de entre los

—1 «Le Corbusier fue el único arquitecto moderno que definió la nueva arquitectura en términos de un sistema de reglas. Pudo hacerlo porque tomó como punto de partida el sistema de reglas de la arquitectura tradicional, a diferencia de la mayoría de teóricos modernos, quienes centraban sus temas doctrinales en cuestiones de contenido más que de forma, o los derivaban de la estética expresionista. Cada uno de los cinco puntos, parte de un aspecto concreto de la práctica anterior y procede a invertirlos», Alan Colquhoun, *Arquitectura moderna y cambio histórico. Ensayos: 1962-1976 [Meaning and Change in Architecture]*, Gili, Barcelona 1978. —2 «L'architecture agit sur des standards. (...) L'homme très primitif employait un module et les tracés régulateurs pour rendre sa besogne plus facile. (...) L'homme d'aujourd'hui n'emploie rien du tout et fait le boulevard Raspail. Mais il proclame qu'il est un poète libéré et que ses instincts suffisent ; mais ceux-ci ne s'expriment qu'au moyen d'artifices acquis dans les écoles. (...) Un tracé régulateur est une assurance contre l'arbitraire », Le Corbusier, *Vers une architecture* (1924), pp. 103, 57. —3 «En el arte, y particularmente en la arquitectura, se cree desdichadamente que se pueden practicar dichas artes siguiendo la inspiración de la mera fantasía, y que puede erigirse un monumento con eso tan vago que llamamos gusto, como si se hiciese un tocado femenino», Viollet-le-Duc, *Dictionnaire raisonné*, [artículo sobre la proporción], en: P.H. Schofield, *Teoría de la proporción en la arquitectura*, Labor, Barcelona 1971, p. 534. «Hay algunos que de ninguna manera pueden admitir esto, y dicen que su juicio sobre la belleza y la edificación el hombre se deja llevar por variedad de opiniones, y que la forma de las estructuras debe cambiar de acuerdo con el gusto y la imaginación particular de cada individuo, y no estar sometida a regla artística alguna. Una opinión común entre los ignorantes que desprecian todo cuanto conocen», L.B. Alberti, *Los diez libros de la arquitectura*. —4 «Le mètre n'est qu'un chiffre, heureusement soumis au système décimal, un chiffre abstrait, incapable en archi-

temas del repertorio lecorbuseriano, éste es el punto sobre el que se articula toda su herencia teórica, ya que la medida se convierte en el vínculo imprescindible para enlazar la arquitectura con el orden de la naturaleza, con la lógica de la máquina, y en un instrumento necesario para alcanzar la estabilidad formal de los objetos diseñados⁵.

En Le Corbusier, la referencia a la medida preestablecida es una condición indispensable para justificar permanentemente las formas elementales de una arquitectura admitida dentro de un orden universal. Al igual que en Vitrubio y Alberti, naturaleza y arquitectura establecen una relación analógica⁶. Ambas se expresan y dialogan a partir de estar sometidas a la exactitud y al orden que les confiere el patrimonio común de la geometría y las ciencias exactas⁷.

Para Le Corbusier, la relación entre arquitectura y naturaleza no se plantea desde la imitación o la adecuación formal. A diferencia de la arquitectura orgánica, su arquitectura dialoga con la naturaleza desde sus propias posiciones formales. Así puede entenderse, por ejemplo, la invención de los pilotis o la obra del convento de La Tourette, que, además de neutralizar la topografía, sirve para que la construcción y la naturaleza establezcan el mínimo número de nexos, de forma que ambas puedan manifestarse con independencia.

También para Le Corbusier, la naturaleza y las máquinas se organizan dentro de los principios de la mínima energía y la máxima eficacia. Tanto en el mundo orgánico como inorgánico, este principio hace que sus formas se repitan con una formalización constante y precisa, de ahí la armonía universal. Es pues la precisión en las medidas lo que enlaza la producción arquitectónica con el mundo de las máquinas y con la produc-

ción industrial. El mínimo de energía y el máximo de eficacia necesitan leyes precisas, basadas en las medidas de las partes y en su relación con el conjunto. De ahí que, para Le Corbusier, la referencia a la máquina, a la naturaleza y a la ingeniería sea una postura metodológica, más que una fuente de recursos formales. Es una diferencia respecto de los constructivistas, cuyas referencias se basan en la traslación directa de los signos ligados al mundo de la máquina y la tecnología.

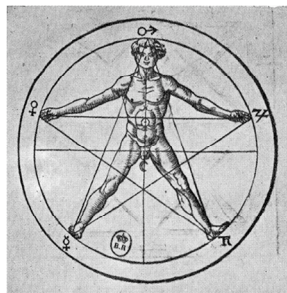
En este sentido, A. Colquhoun señala:

Para el Movimiento Moderno, la tecnología era el medio para rescatar a la arquitectura de la falsa retórica en la que suponía había caído durante el s. XIX, y de restablecer la identidad entre técnica y representación que existía en las épocas dominadas todavía por una tradición artesana —una identidad en virtud de la cual la esencia de un edificio consistía en ser la rectificación del proceso mediante el cual era construido—, sin embargo, más que en ningún otro arquitecto moderno, la tecnología tiene en Le Corbusier un papel metafórico, en virtud del cual máquinas completas se proponen como paradigmas de la nueva arquitectura.⁸

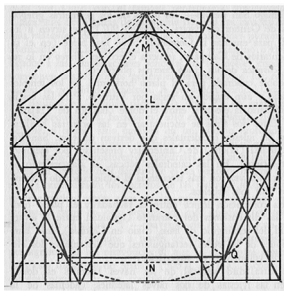
Vemos cómo la referencia a la máquina se realiza al atender al proceso de su fabricación: la seriación, la taylorización..., pero fundamentalmente atendiendo a la metodología de la proyección, al rigor científico, a las ciencias exactas y a la precisión.

También en la arquitectura, los instrumentos de trazado y medida hacen que, después de un proceso de selección formal, las formas alcancen su máxima estabilidad. Es el ideal por el cual el objeto proyectado no acepta ni la adición ni la sustracción de algunos de sus componentes o relaciones, sin que su

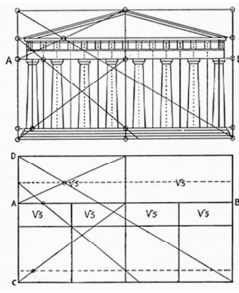
ecture de qualifier un intervalle (une mesure). Outil dangeureux même, si, partant de son abstraite conformation numérique, on se laisse aller, par insouciance ou paresse, à le matérialiser en des mesures commodes ! le mètre, le demi-mètre, le quart de mètre, le décimètre, etc... ; évolution qui s'est accomplie petit à petit au cours du siècle, aveulissant l'architecture », Le Corbusier, *Le Modulor*, L'Architecture d'Aujourd'hui, Boulogne 1950, p. 33. —5 Le Corbusier, "Composition = Géométrie + Nature", *Architecture Mouvement Continuité*, 49, pág. 39. —6 En Vitruvio, lo antropomórfico es el vehículo intermediario del orden universal y la arquitectura. Así es su discurso sobre las medidas para la erección de los templos: «La Naturaleza ha hecho el cuerpo humano de manera que el rostro, medido desde la barba hasta lo alto de la frente y la raíz de los cabellos, sea la décima parte de la altura total, etc. [...] Del mismo modo, las partes de que se componen los edificios sagrados han de tener exacta correspondencia entre cada una de sus partes y su total magnitud», Vitruvio, *Los diez libros de la arquitectura*, libro III, cap. I, Iberia, Barcelona 1970. Para Alberti, el mandato de la naturaleza se dirige hacia la arquitectura a través de la analogía con la armonía musical: "las reglas de estas proporciones se observan mejor en aquellas cosas en que se nos aparece la propia naturaleza más completa y admirable, y muy de veras estoy cada día más convencido de la verdad de Pitágoras cuando decía que la naturaleza está segura de que actúa consecuentemente y con una constante analogía entre todas sus operaciones: de donde saco la conclusión de que los números por medio de los cuales el acorde de sonidos afecta a nuestros oídos con placer, deben ser los mismos que agraden a nuestra vista y nuestro pensamiento», L.B. Alberti, *op. cit.* —7 « Les ingénieurs font de l'architecture, car ils emploient le calcul issu des lois de la nature, et leurs œuvres nous font sentir l'HARMONIE », Le Corbusier, *Vers une architecture*, cit., p. 7. —8 A. Colquhoun, *op. cit.*



1



2



3

1-3 Trazados geométricos y referencia antropomórfica: el pentágono, construido a partir del número ϕ es la base del trazado de una catedral gótica, de un templo griego y del hombre inscrito en aquél. En el Partenón, el número $\sqrt{5}$ es la base para el trazado del pentágono.

naturaleza se vea afectada negativamente. Este ideario de estabilidad formal del objeto aparece claramente expresado en Alberti: «Defino la armonía de todas las partes en cualquiera que sea el objeto en que aparezca, ajustadas de tal manera y en proporción y conexión tales, que nada puede ser añadido, separado o modificado más que para empeorar»⁹. La estabilidad formal del diseño busca su justificación en su capacidad de generalización y permanencia. En el mundo de los objetos del diseño industrial, podríamos reconvertir la estabilidad formal en la máxima perdurabilidad y capacidad de generalización de un producto. Así, por ejemplo, vemos cómo algunos modelos de automóviles han mantenido su actualidad durante más de cuarenta años —el Volkswagen, el Mini Morris y el 2CV—, mientras la industria automovilística se ha esforzado en fomentar el consumo por medio de la continua modificación estilística de sus imágenes-guía del coche ideal ("el coche del año"), o cómo las imitaciones de la silla Fritz Hansen, de A. Jacobsen, producida en 1934, llenan nuestras casas y oficinas. De la misma forma, es necesario someter la arquitectura a este proceso.

Para Le Corbusier, es difícil alcanzar la estabilidad formal de un diseño desde el mero ejercicio individual, puesto que lo entiende como una tarea continuada y colectiva de búsqueda¹⁰. Buscar la estabilidad formal y la generalización no son condiciones suficientes para garantizar la validez de un diseño, pero buscar estas condiciones da solidez a la investigación y comporta una cierta renuncia a lo arbitrario.

Así pues, la medida del Modulor (una medida a escala humana aplicable universalmente a la arquitectura y a la mecánica) será la que emparente definitivamente la arquitectura con el orden universal, el orden de la naturaleza con el de la máquina.

Con respecto a la medida, ¿en qué punto modifica o contradice Le Corbusier la tradición de la arquitectura?

Le Corbusier era conocedor de que al construir el Modulor con el número ϕ , lo emparentaba con la tradición de la arquitectura. Las cualidades antropológicas de ϕ ya habían sido planteadas con anterioridad —baste recordar los estudios de Matila Ghyka, *The Curves of the Life*, de Theodore Cook, las

investigaciones de Hambidge y los trabajos de Zeysing en 1850—. Para la tradición arquitectónica, los trazados tenían una referencia antropomórfica, en tanto que relacionaban el cuerpo humano con el espacio arquitectónico, en una analogía que se cumplía al estar hombre y arquitectura dentro del mismo sistema de proporciones. Así el pentágono, construido a partir del número ϕ , era la base del trazado de una catedral gótica, de un templo griego y del hombre inscrito en él (figs. 1-3).

Pero, al definir la altura mínima de la vivienda, el empeño de Le Corbusier va más allá y convierte el hombre con el brazo levantado (226 cm) en el valor absoluto de la medida mínima de su habitáculo. Es decir, transforma el concepto analógico de la tradición clásica, según el cual el hombre es una referencia antropomórfica, por un concepto estrictamente antropométrico en el que el hombre es la propia medida del espacio.

La necesidad de confirmar el doble cuadrado ($1,13 \times 2 = 2,26$) como parámetro espacial estable para la vivienda se justifica en Le Corbusier por el papel nuclear que desempeña la residencia en el urbanismo de la ciudad. Para conseguir este primer escalón, el Modulor debía definir exactamente, sin prolongaciones, la mínima dimensión del habitáculo humano. Era como si todo el rigor matemático de la operación se jugase a esta carta. Este convencimiento hizo extraordinariamente impermeable a Le Corbusier ante las evidencias que cuestionaron el carácter absoluto de su decisión.

Con todo, ya desde el principio, la duda sobre la altura mínima estuvo presente en la propia concepción del Modulor. Así podría entenderse el paso del Modulor de base 216 cm al de base 226 cm, justificado por Le Corbusier como la solución para integrar las medidas del mundo anglosajón, pasando de 108 a 113, para hacer las paces con el pie-pulgada, o sea desde un hombre de 175 hasta un hombre de 182 (6 pies), con lo que se obtiene el 226.

Pero es quizás en la evolución (o involución, para otros) de las Unités d'habitation, donde aflora realmente la crisis del 226. Después de la Unité de Marsella se suceden las de Rezé, Berlín, Briey-en-Forêt, Meaux y Estrasburgo. Paulatinamente, el doble espacio inicial en Marsella se va reduciendo a una mera

—9 L.B. Alberti, *op. cit.* —10 « Le Parthénon est un produit de sélection appliqué à un standart », Le Corbusier, *Vers une architecture*, cit., p. 103. —11 Leonardo Benevolo, *Historia de la Arquitectura Moderna*, Taurus, Madrid 1963, p. 845.

cita sin sentido, a una reliquia del modelo original, y Le Corbusier se ve obligado a pasar al 250. Dice Leonardo Benevolo:

¿Ha sido un error de principio, o han obstaculizado el experimento las circunstancias adversas? Le Corbusier no cede, construye una segunda Unidad en Nantes para una cooperativa privada y está completando otra en Berlín, encargada por la Administración de esta ciudad con ocasión de la Interbau 1957. En ambos ejemplos han sido eliminados los servicios comunes a media altura, y en Berlín se ha renunciado también a calcular los ambientes con el Modulor, cambiando la altura de los pisos de 2,26 a 2,50 m. Parece que el éxito ha sido mejor, ya que todas las viviendas están ocupadas o reservadas y los costes han resultado no muy superiores a los de la construcción corriente.¹¹

¿Se trata de una tragedia impuesta por la burocracia? ¿O son las necesidades espaciales del hombre cuestiones subjetivas, sin relación con las medidas de su cuerpo? Lo cierto es que, a partir de esta experiencia, el papel del Modulor en el campo residencial se silencia y la crítica arquitectónica se tranquiliza pensando que, una vez más, la burocracia ha bastardeado una teoría. Le Corbusier es obligado, en la Interbau de Berlín, a recoger el metro convencional que había arrojado en 1947.

SEGUNDA PARTE: LA SERIE NEGRA¹²

Hace unos años, sorprendido por la muerte prematura del Modulor (1947-1957) en manos de la burocracia ordenancista, decidí ponerme en contacto con el conocido detective Pepe Carvallo.

Le comenté el caso.

Me citó en el bar Delfín, cercano al Born.

El resultado de sus pesquisas fue como mínimo, sorprendente.

La primera conclusión fue que la muerte del Modulor no fue causada por la burocracia, sino por el empecinamiento de Le Corbusier en mantener el carácter estrictamente antropométrico del Modulor y por despreciar la tradición arquitectónica según la cual las medidas tenían un sentido analógico.

La segunda conclusión fue que el Modulor no había realmente muerto, ya que Le Corbusier había dejado pistas suficientes para que otros continuaran su trabajo.

– ¿Qué pistas? –le pregunté.

– Las que se encuentran en el *Poème de l'angle droit* y en los libritos del Modulor. Y también en saber que la esencia del número ϕ es $\sqrt{5}$.

Se despidió y marchó.

Para seguir estas indicaciones es necesario empezar recordando los fundamentos geométricos y matemáticos con los que Le Corbusier construyó el Modulor (*fig. 5*).

En el Modulor, las series roja y azul se basan en el número ϕ y en las series de Fibonacci. (El número ϕ es $1+\sqrt{5}/2 = 1,6180339$, y las series de Fibonacci son aquellas en las que cada elemento es la suma de los dos anteriores.)

Así, la serie roja parte de la altura canónica del hombre: 1,83. Los demás elementos de la serie surgen de esta medida al aplicar sucesivamente la inversa del número ϕ ($1/\phi$) y, como vemos, cada elemento de la serie es la suma de los dos anteriores.

La serie azul se construye con el mismo principio, pero esta vez a partir de 2,26, la altura del hombre con el brazo levanta-

–12 La serie negra debe su nombre a Pepe Carvallo, ya que sin su escepticismo sobre la muerte prematura del Modulor a mano de la burocracia no habría sido posible continuar este trabajo.

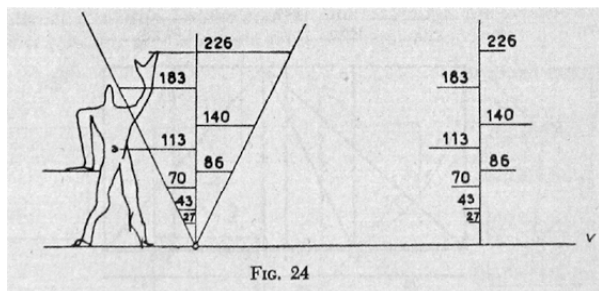
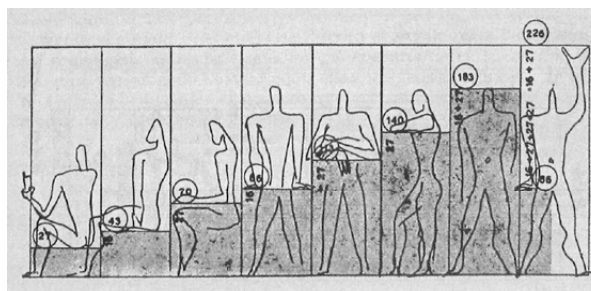


FIG. 24

6



7

Para poder Hermanarla con las dos series del Modulor, la nueva serie deberá basarse en los mismos principios. Es decir, ser una serie de Fibonacci, estar construida a partir del cuadrado (o doble cuadrado) de lado 1,13, y participar del número ϕ .

Cuadro 1. Serie negra:

		Medidas absolutas		Medidas relativas
1	$1,13 \times \sqrt{5} =$	2,526756		1,8283772
2	$(1) - 1,13/\phi =$	1,828377	serie roja	1,1299978
3	$(2) - 1,13/\phi^2 =$	1,396755	serie azul	0,6983788
4	$(3) - 1,13/\phi^3 =$	1,129997	serie roja	0,4316190
5	$(4) - 1,13/\phi^4 =$	0,965132		0,2667539
6	$(5) - 1,13/\phi^5 =$	0,863240	serie azul	0,1648616
	límite	0,698378	serie roja	0,0000000

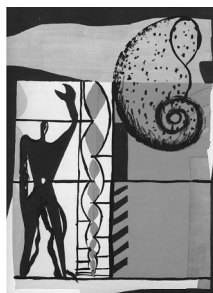
El número $\sqrt{5}$ es el único elemento que cumple las dos condiciones esenciales de la construcción del Modulor porque se forma a partir del doble cuadrado y porque otorga la cualidad de inconmensurable al número ϕ (ver nota A al final). Además, es reconocida la autoridad del número $\sqrt{5}$, ya que es coprotagonista, junto con el número ϕ , de un vasto repertorio de trazados y porque ha tenido un destacado papel en la geometría ligada a las medidas antropológicas. Matila Ghyka nos explica con claridad la importancia de los trazados a partir de $\sqrt{5}$ desde las comprobaciones de Hambidge en la Universidad de Harvard acerca de los esqueletos humanos y las comprobaciones del utillaje griego. La razón de su importancia en el trazado de la arquitectura y el diseño de objetos en la antigüedad proviene de su participación en la construcción de la sección áurea¹⁴ (ver nota B al final).

Pero quizás la cualidad geométrica y algebraica más sobresaliente de $\sqrt{5}$ es la que nos explica que su valor viene dado por la suma de los cuatro primeros elementos de la serie de Fibonacci decreciente en $1/\phi$ (ver nota C al final de este texto). La demostración algebraica y gráfica de la estrecha relación entre ϕ y $\sqrt{5}$; su constitución interna organizada a través de

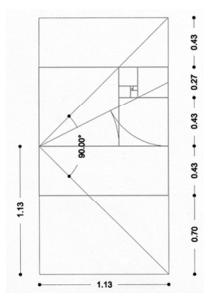
do. Ambas series están relacionadas con el doble cuadrado de lado 1,13 ($1,13 \times 2 = 2,26$) y en su prolongación superior no aparece en ningún caso el 2,50 (la altura normativa de la vivienda). Así, en la serie roja la prolongación sería 2,96, 4,79..., y en la serie azul sería 3,66, 5,92...¹³

Dado que una serie de Fibonacci no permite intercalar un nuevo elemento, deberemos iniciar el camino creando una nueva serie, que denominaremos serie negra.

¹³ La serie roja del Modulor: $1,83 \times 1/\phi = 1,13$; $1,83 \times 1/\phi^2 = 0,70$; $1,83 \times 1/\phi^3 = 0,43$; $1,83 \times 1/\phi^4 = 0,27$, etc. La serie azul del Modulor: $2,26 \times 1/\phi = 1,39$; $2,26 \times 1/\phi^2 = 0,86$; $2,26 \times 1/\phi^3 = 0,53$; $2,26 \times 1/\phi^4 = 0,33$, etc. En ambos casos se ordenan según las series de Fibonacci, siendo $a = 1,13$ en la serie roja y $a = 2,26$ en la serie azul (figs. 6 y 7): $a/\phi = a/\phi^2 + a/\phi^3$.



4



9

4 El doble cuadrado ($1,13 \times 2 = 2,26$) como parámetro espacial estable para la vivienda.

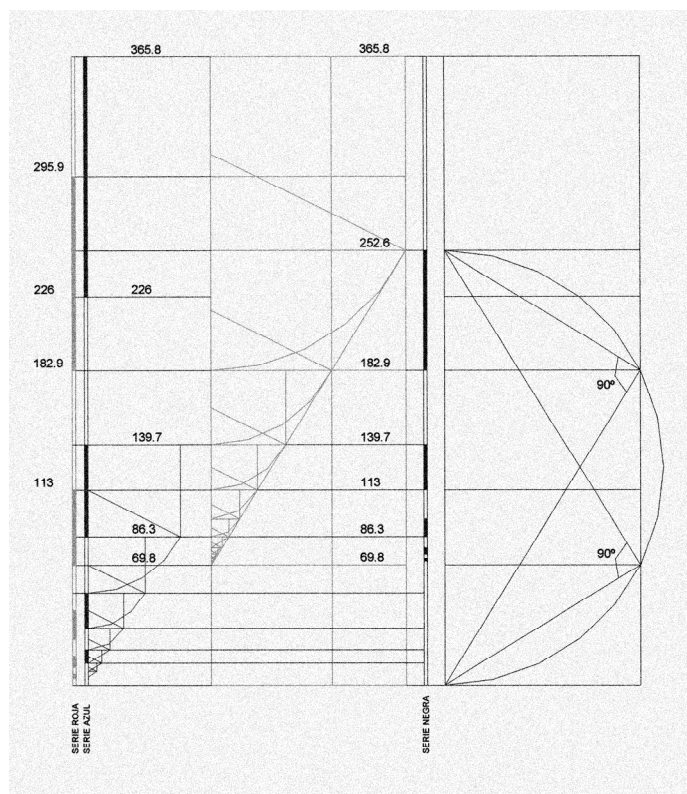
5 El Modulor

6 El Modulor. Serie roja

7 El Modulor. Serie azul

8 Series roja y azul y serie negra.

9 «El lugar del ángulo recto para colocar un tercer cuadrado» (dibujo del autor).



8

una serie de Fibonacci; el hecho de estar construido a partir del doble cuadrado, y su papel significativo en la tradición histórica de los trazados arquitectónicos y antropológicos son cualidades suficientes que legitiman el intento de emparentar una nueva serie a partir de $\sqrt{5}$ con las dos series del Modulor.

Un primer fruto de este *ménage à trois* es la inmediata aparición de una medida muy cercana a la altura mínima de la vivienda. Así, tomando 1,13, lado del cuadrado lecorbuseriano, se

obtiene $1,13 \times \sqrt{5} = 2,5267 = 2,53$ (fig. 8), una medida muy cercana al 2,50 de la normativa. Dos o tres centímetros de diferencia son conceptualmente importantes, dado que 2,50 (dos metros y medio) continúa dentro de la convención del sistema decimal. En cambio, 2,53 se traza y se mide dentro del sistema antropológico basado en ϕ .

Otra consecuencia que consolida definitivamente esta asociación es que la serie negra nos ofrece automática y alternadamente los elementos más significativos de las series roja y azul del Modulor. Cuestión que podemos comprobar al aplicar la serie decreciente en ϕ , desde 2,5267, y observar la aparición de 183, 140, 113, 86, 70... (ver el cuadro 1 y la figura 8). Por otra parte, la serie negra con límite en 0,70 (0,6983788...) necesita la participación de las series roja y azul para definir los parámetros inferiores del Modulor.

Por último, la construcción gráfica de la serie negra resuelve unos de los problemas geométricos que el Modulor dejó abiertos: el lugar del ángulo recto para colocar un tercer cuadrado. Como respuesta, en 1943 Le Corbusier escribió a su ayudante Hanning: « prenez l'homme-le-bras-levé, 2 m 20 de haut ; installez-le dans deux carrés superposés de 1 m 10 ; faites jouer à cheval sur les deux carrés, un troisième carré qui doit fournir une solution. Le lieu de l'angle droit doit pouvoir vous aider à situer ce troisième carré »¹⁵ (fig. 4 y 9).

Sin embargo, el Modulor no llegó a dar respuesta a este problema y quedó reducido a dos reglas de medir. Con el Modulor Le Corbusier buscaba construir un entramado que le permitiese definir las proporciones de elementos de la arquitectura en dos dimensiones: « grille de proportion destinée à être installée sur les chantiers de la reconstruction pour fournir d'abondantes mesures harmoniques utiles pour tracer les chambres, les portes, les armoires, les fenêtres, etc... »¹⁶ Ese interés acuciaba al arquitecto para poder dar respuesta a la inmensa tarea de reconstrucción ocasionada por la guerra europea.

Evidentemente, Hanning no podía resolver el problema desde la rigidez de los dos cuadrados de lado 1,13. En marzo de 1944 escribió a Le Corbusier: « Il n'y a qu'un angle droit possible, c'est celui qui forment les diagonales des deux

—14 Matila Ghyka, *Estética de las proporciones en la naturaleza y en las artes* [Esthétique des proportions dans la nature et dans les arts], Poseidón, Barcelona 1977.

—15 Le Corbusier, *Le Modulor*, cit., p. 37. —16 Ibid, p. 41.

10 La serie, a partir de $\sqrt{5}$ (dibujo del autor).

11 El trazado matriz del Modulor prolongado a $\sqrt{5}$ (dibujo del autor).

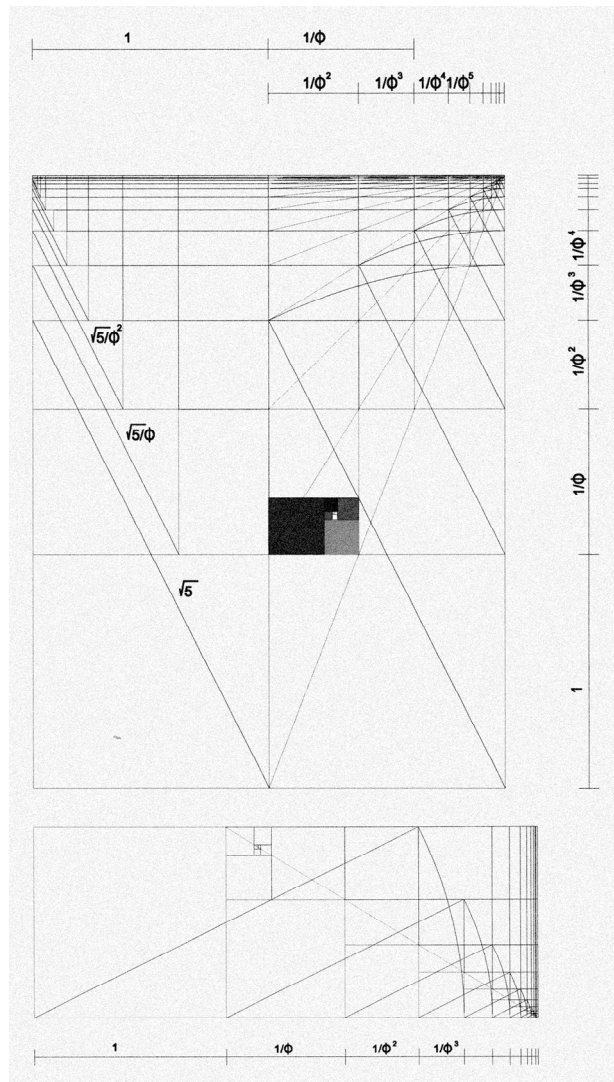
carrés... »¹⁷ Esta situación no provocaba el conjunto de rectángulos dinámicos que Le Corbusier perseguía. Más cerca de la introducción de $\sqrt{5}$ fueron los trabajos de otra colaboradora, Elisa Maillard, que en diciembre de 1948 aportó trazados basados en las dia-gonales y en el pentalfa.

De hecho, la solución del problema la había apuntado en 1945 el decano de la Facultad de Ciencias de la Sorbona, cuando comentó: « De l'instant où vous avez pu installer l'angle droit dans le double carré, vous avez introduit la fonction $\sqrt{5}$, provoquant ainsi une *floraison de sections d'or* »¹⁸.

Pero la estricta concepción antropocéntrica de Le Corbusier no le permitía construir sus series a partir de una medida no alcanzable directamente por el hombre. ($\sqrt{5} \times a >$ que el hombre con el brazo levantado, siendo $a = 1,13$ en el Modulor-183, ó $a = 1,08$, en el Modulor-175). En cambio, de haberse construido la serie a partir de $\sqrt{5}$, se hubieran encontrado los ángulos rectos buscados y, por lo tanto, un tercer cuadrado de lado 1,13, a partir de dos puntos significativos del Modulor (183, la altura del hombre, y 70 cuando el hombre cambia de posición). Y todo ello hubiera generado, con exactitud, la floración de rectángulos y cuadrados dinámicos, útiles para definir relaciones bidimensionales en la arquitectura (*fig. 10*).

CONSIDERACIONES FINALES

A modo de conclusión, la serie negra basada en $\sqrt{5}$ nos ha ayudado a introducir la altura mínima de la vivienda en la familia de los números relacionados con las medidas humanas del Modulor. Eso ha sido posible gracias al juego que ofrecen las matemáticas y la geometría, y evidentemente a los trabajos que, con anterioridad al Modulor, trataron el tema de las proporciones en la arquitectura. Entre ellas, destacan las publicaciones de Matila Ghika y la presentación que hace de las investigaciones de Jay Hambidge al tratar de los rectángulos armónicos y los cuadrados de rectángulos giratorios construidos a partir de $\sqrt{5}$. Sin embargo, eso se debe sobre todo a uno de los



—17 Ibid, p. 42.

aspectos más enriquecedores que se encuentran en la lectura atenta de *El Modulor*: sus propias dudas.

Las dudas, y los objetivos no alcanzados, pueden ser la puerta abierta para que otros continúen el esfuerzo de la investigación formal o la proyectación. Constituyen un argumento a favor de que la arquitectura no es solamente un acto de creación individual, desenraizado del pasado. Quizás cobra interés la creencia de Le Corbusier al referirse al Partenón: " Le Parthénon est un produit de sélection appliquée à un standard établi. Depuis un siècle déjà, le temple grec était organisé dans tous ses éléments »¹⁹.

Al final, al igual que sucede en las películas de cine negro, el desenlace es tan obvio que pierde interés. La pregunta que se hace el investigador es: ¿cómo fue posible que, a pesar del inmenso trabajo de Le Corbusier en el Modulor, no fuera capaz de recoger la primera medida de la arquitectura más allá de la altura del Modulor?

Como afirmo Pepe Carvallo, parte de esta responsabilidad la encontramos en la resistencia del propio Le Corbusier a no abandonar el carácter absoluto de la medida del hombre-con-el-brazo-levantado. Hubiese sido necesario que Le Corbusier otorgase un cierto margen a la analogía clásica.

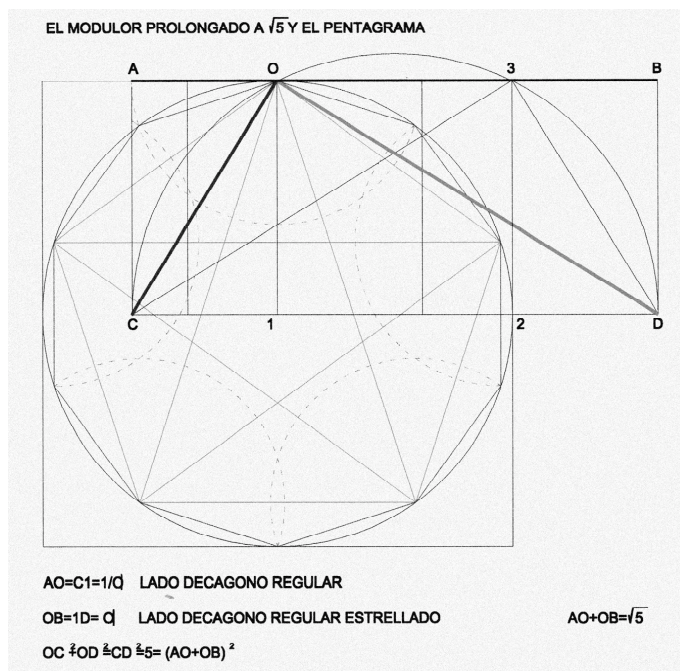
Otra parte de responsabilidad la encontramos en la discontinuidad en la investigación de los arquitectos cercanos a Le Corbusier, que aceptaron con el maestro que el Modulor era un tema cerrado y acabado en sí mismo, y no completaron la teoría a partir de su experiencia profesional. Así, por ejemplo, José Luis Sert, entonces presidente de los Ciam, le escribió desde Nueva York en 1948:

En faisant un travail pour Lima (un plan d'urbanisme), j'ai essayé le "Modulor". Quelle magnifique trouvaille ! Dans l'urbanisme et les tracés à grande échelle, c'est une aide précieuse. Grâce à lui, on peut établir des hauteurs réglementaires, fixer des gabarits et aussi des volumes-limites et constituer ainsi l'assiette d'un code de législation urbaine. A ce jour, il n'existe rien de semblable...²⁰

Sin embargo, somos conocedores, por la declaración de algunos colaboradores que trabajaron con Sert, que utilizó el 2,53 como altura mínima de la vivienda (como suma directa de 1.83 y 69.8).

Evidentemente, la prolongación del Modulor a $\sqrt{5}$ no es una cuestión tan trivial como parece a primera vista. En primer lugar, porque la arquitectura, al igual que otras tareas del diseño, siempre ha necesitado saber la razón y el origen de las medidas de las cosas. La búsqueda de precisión y exactitud ha estado en el centro de gran parte del pensamiento arquitectónico.

En segundo lugar, porque para resolver la crisis del Modular ha sido necesario retomar algunos conceptos de los trazados ligados a la tradición de la arquitectura. Tradición en la que la medida que define el espacio arquitectónico se sitúa en una

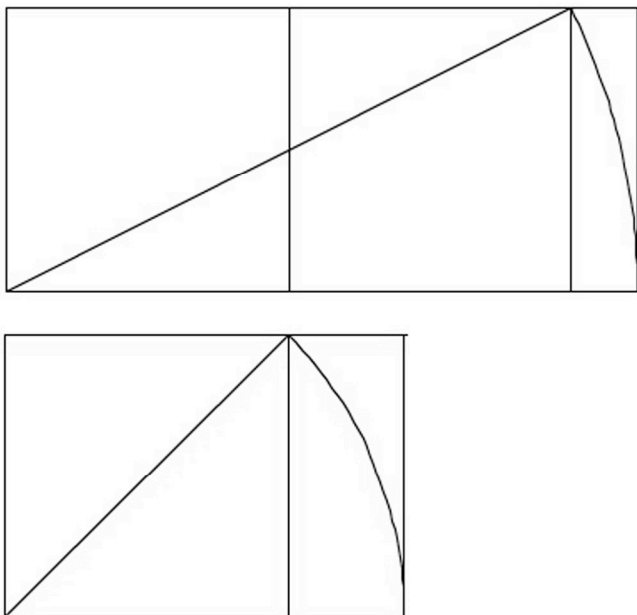


relación analógica con las medidas del hombre. Buena prueba de ello nos la ofrece la *fig. 11*, que coloca el trazado matriz del Modulor (prolongado a $\sqrt{5}$) en la frontera de un filón teórico, escondido aún en la tradición del pitagorismo y en los trazados de las catedrales góticas. Y esto porque el lugar del ángulo recto en el rectángulo dinámico $\sqrt{5}$ nos resuelve el trazado del pentágono, el pentágono regular estrellado, las figuras del pentagrama, el pentalfa, los sellos lapidarios, etc.

En fin, se trata de un juego, a lo sumo de un instrumento. Proyectar es otra cosa.

NOTA A

Los números $\sqrt{5}$ y $\sqrt{2}$ comparten su hegemonía en los trazados arquitectónicos al formarse a partir del cuadrado y el doble cuadrado. Estas son sus diagonales fácilmente trazables a partir de las sencillas relaciones 1:1 y 1:2:



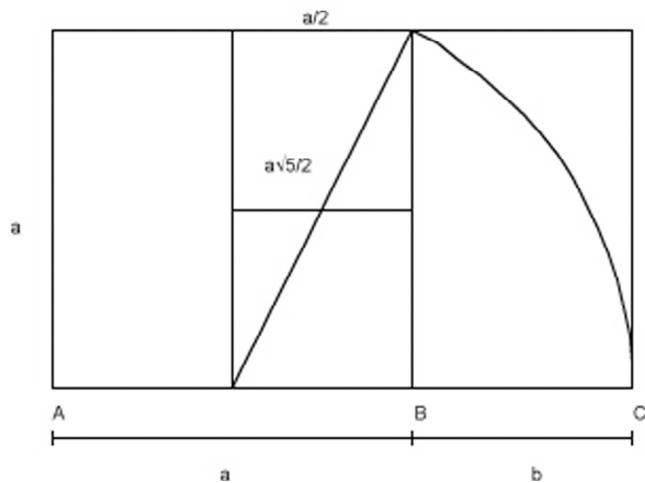
NOTA B

Recordemos que dos magnitudes a y b están relacionadas según la sección áurea, cuando la razón entre la mayor a y la menor b es igual a la razón entre la suma de las dos y la mayor.

$$a / b = (a+b) / a;$$

siendo $a / b = x$; $x = 1 + 1 / x$; $x^2 - x - 1 = 0$; $x = (\sqrt{5}+1) / 2 = \phi$.

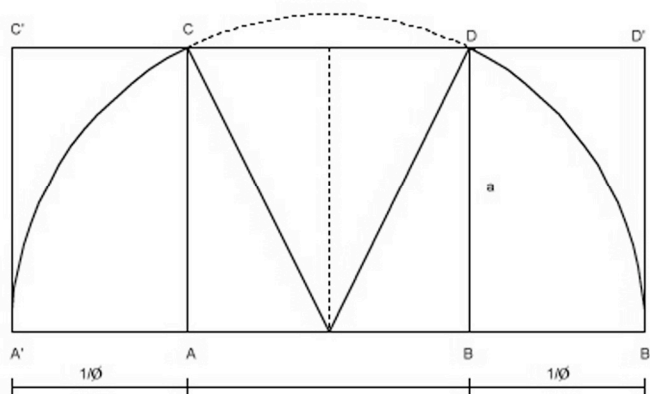
A esta relación matemática le corresponde lógicamente su correspondiente en el trazado geométrico. Y así, la clásica construcción de la sección áurea se basa en la diagonal del doble cuadrado de lado $a/2$.



$$AB / BC = a / (a\sqrt{5}/2 - a/2) = 2 / (\sqrt{5}-1) = (\sqrt{5}+1) / 2 = \phi = 1,6180339...$$

NOTA C

Esta característica aparece con la construcción del rectángulo $\sqrt{5}$ a partir de la sección áurea de un segmento dado a (o la unidad).



$$AA'/a = 1/\phi; BB'/a = 1/\phi$$

$$AA' = a/\phi; BB' = a/\phi$$

$$A'B' = a + a/\phi + a/\phi = a + [2(\sqrt{5}-1)/2] a \sqrt{5}a$$

como

$$1/\phi = 1/\phi^2 + 1/\phi^3 \text{ (Serie de Fibonacci)}$$

$$\sqrt{5}(a) = 1(a) + 1(a)/\phi + 1(a)/\phi^2 + 1(a)/\phi^3$$

Es decir, el número $\sqrt{5}$ se expresa en función de ϕ como la suma de los cuatro primeros elementos de la serie de Fibonacci decreciente $1/\phi$. Inversamente, la expresión geométrica de esta cualidad conduce a un nuevo método para encontrar la sección áurea de un segmento a (o la unidad). Método tan sencillo como el tradicional, pero que ofrece la ventaja de obtener los cuatro primeros elementos de la serie ϕ y por lo tanto expresar con absoluta claridad el sentido dinámico del rectángulo $\sqrt{5}$.

Sea el cuadrado $ABA'B'$ de lado a (o la unidad) y el doble cuadrado de $ADA'D'$, cuya diagonal $\sqrt{5}$ nos define el rectángulo $\sqrt{5}$ ($AA' EE'$), vemos que el punto C' , que es la sección áurea con respecto al lado del cuadrado, se encuentra en el punto medio entre B y E . Así demostramos que:

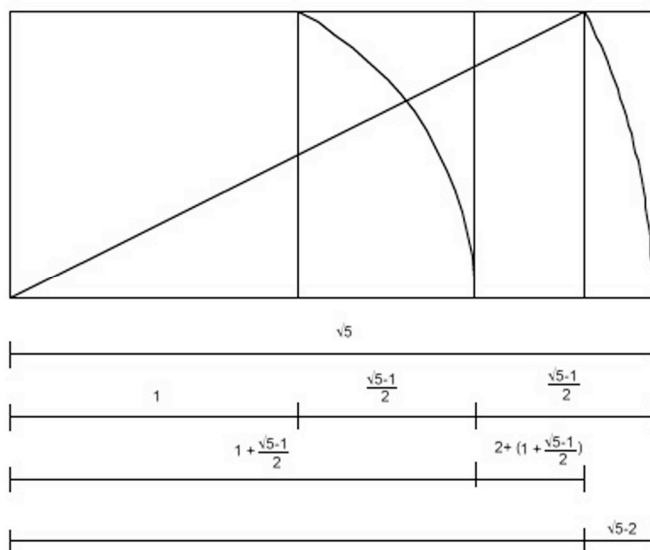
$$BC = 1/\phi \quad CD = 1/\phi^2 \quad DE = 1/\phi^3$$

$$BC = (\sqrt{5}-1)/2 = 1/\phi$$

$$CD = 1 - 1/\phi = 1/\phi^2$$

$$DE = 1/\phi - 1/\phi^2 = 1/\phi^3$$

$$\sqrt{5} = 1 + 1/\phi + 1/\phi^2 + 1/\phi^3$$



Esta sencilla construcción nos ofrece una visión inédita de la diagonal del doble cuadrado $\sqrt{5}$, no solamente por generar la serie ϕ , sino porque ella misma asume la cadencia decreciente de la serie ϕ y de la sección áurea. Para comprobarlo basta repetir la operación anterior con sucesivos dobles cuadrados y observar como la longitud y los intervalos entre sus diagonales reflejan el sentido dinámico decreciente de la serie ϕ (fig. 10).

Rafael de Cáceres, <racaceres@coac.net>, arquitecto (1969). Entre 1988 y 1993 ha sido Coordinador de proyectos y obras del Ayuntamiento de Barcelona. Actualmente organiza la cátedra de Proyectos V-VI en la Escuela de arquitectura de Barcelona.

